

DOI:10.19344/j.cnki.issn1671-5276.2025.03.055

双孢蘑菇堆肥自动化生产线控制系统设计

张晓召, 李伟伟, 颜卫兵, 陶卫雷, 张琼尹

(浙江宏业装备科技有限公司, 浙江 温岭 317502)

摘 要:针对目前食用菌工厂化种植存在自动化程度低的问题,分析现有双孢蘑菇工厂化堆肥制作工艺,设计相适应的自动化堆肥生产线,同时在结构化编程的框架下,通过采用局部面向对象的程序设计方法实现 PLC 的控制算法,通过设计“状态机”实现生产线不同工艺之间控制程序的调度切换。设计以 PLC 为控制器,触摸屏为人机交互的控制系统。使用结果表明:该生产线操控简便,运行稳定,效率高。

关键词:双孢蘑菇; 生产线; PLC; 堆肥; 食用菌; 控制系统

中图分类号:TP273, S646 **文献标志码:**B **文章编号:**1671-5276(2025)03-0285-04

Automatic Production Line Control System Design of Agaricus Bisporus Compost

ZHANG Xiaozhao, LI Weiwei, YAN Weibing, TAO Weilei, ZHANG Qiongyin

(Zhejiang Hongye Equipment Technology Co., Wengling 317502, China)

Abstract: The paper analyzes the existing composting process of bisporus mushroom concerning the low degree of automation in the industrial planting of mushroom, designs the automatic composting production line, discusses the process of PLC algorithm by using the local object-oriented programming method under the framework of structured programming, and realizes the scheduling switch of the control program between different processes in the production line by designing "state machine". The control system is designed with PLC as controller and touch screen as human-computer interface, whose application results show that the production line is easy to control and stable in operation with high efficiency

Keywords: agaricus bisporus; production line; PLC; compost; edible fungi; control system

0 引言

食用菌工厂化生产是我国现代食用菌产业发展的必然趋势^[1-2],其中设施设备机械化、轻简化、智能化是发展的必然。以智能生产装备为代表的食用菌工厂化生产模式逐渐成为产业发展的趋势与主流^[3-4]。目前我国食用菌工厂化装备多为国外引进,价格昂贵,不能很好适应国内配套设施全方面发展的需求。国内生产以部分仿制为主,存在配套不全、装备不成体系等一些問題^[5]。在食用菌工厂化方面的研究也多以单机设备^[6-8]、环境调控为主^[9-11],在整体生产线架构方面的研究较少。

本文在双孢蘑菇堆肥生产工艺研究的基础上结合自动化控制技术、网络技术,设计双孢蘑菇堆肥料场自动化生产线控制系统。

1 工艺流程和生产线组成

1.1 生产工艺

堆肥以麦秸、米秸、鲜鸡粪为主料,辅料为尿

素、石膏、石灰^[12],将其按照一定的比例混合后,依靠装载机和人工转运到隧道中进行发酵。该方式存在耗时、费工、产能低的缺点。生产流程如图 1 所示。

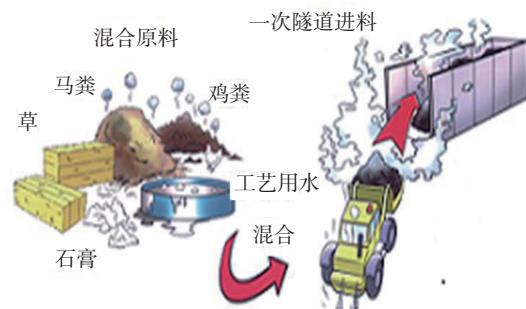


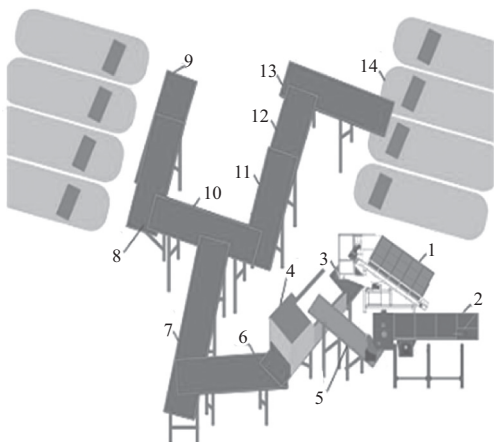
图 1 堆肥生产流程

1.2 生产线组成

设计自动化生产线以改进传统生产方式,如图 2 所示。所设计的生产线由多套设备组合而成,其中 1 是转运料斗,负责把草料分散,输送到混料输送带 3 上;2 是辅料进料机,把辅料(马粪或者鸡粪或者石膏)打散通过输送带 5 装填到混

第一作者简介:张晓召(1980—),男,河南漯河人,工程师,研究方向为食用菌工厂化装备设计,514361864@qq.com。

料机4;混料机4负责把从1处来的草和2处来的辅料进行充分混合;6、7上的输送带把混合充分的料,通过双向输送带10送往两侧的11、12或者8、9输送带;最终由可移动填料输送带13把料装填到发酵罐14。



1—转运料斗;2—辅料进料机;3—混料输送带;4—混料机;
5—辅料输送带;6、7、8、10、11、12—固定双向带式输送机;
9、13—可移动填料输送带;14—发酵罐。

图2 自动化堆肥生产线

2 系统控制要求

本地单机运行:可以单独运行设备,用来调试、清洗、检修、测试各组成机构。

自动化运行:通过遥控器操控,实现整套生产线的一键启停,当有故障报警时,触摸屏给出处理信息。

通过触摸屏预设工艺的的运行参数,如图3所示。设置完毕后每次操控仅需切换参数即可。

系统急停具有锁定功能,按下急停后,系统将锁定,硬件急停按钮释放或者失灵,系统将给出报警提示,解除急停需操控专用按键。

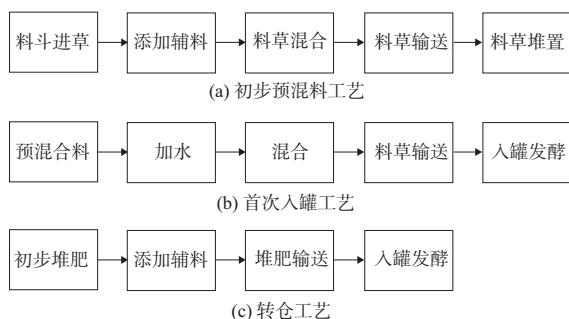


图3 堆肥生产工艺

3 控制系统硬件设计

控制系统硬件框架如图4所示,分为4层。

输入层为信息交互指令发出层,包括人机界面、遥控器、急停信号和输送带的运转检测、安全检测、位置检测、液压温度控制检测等^[13]。控制层主要包含PLC和数字量输入、输出模块。其中PLC负责系统的逻辑运算,数字量模块负责外围信号的输入和控制命令的输出,本文数字量模块采用与PLC主机(CPU)配套的SM-1223和SM-1222扩展模块^[14]。驱动放大层把从控制层输出的信号进行功率放大驱动执行层的执行器。执行层主要由各种执行器、减速机、信号指示灯组成,完成对设备运行的直接驱动和状态显示。

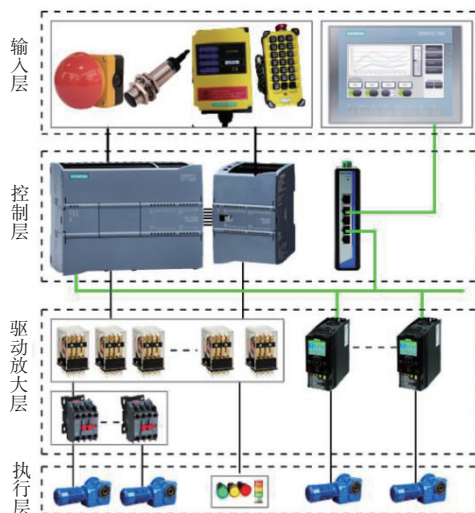


图4 控制系统硬件框架

目前,PLC作为自动化领域使用最广泛的计算机之一,在工程自动化领域中有90%以上^[15],S7-1200 PLC为西门子推出的小型高性能PLC,其信号处理速度更为快速,可极大缩短系统响应时间^[16],提高系统安全性。考虑生产线需组建控制网络,选用带两个PN接口的S7-1215作为生产线的控制器较为合适。触摸屏选用带PN接口的KTP700精简触摸屏,变频器为西门子G120C系列带PN通信的变频器;交换机选用非网管型5口工业百兆交换机;遥控器采用多点位开关量输出的工业遥控器;接近开关选用欧姆龙E2E-NEXTM18系列电感式接近开关,开关频率可达250 Hz,满足对设备运行状态信号采集的频率要求。

采用PROFINET总线,搭建如图4所示的控制网络,交换机LAN口分别连接到变频器、触摸屏和PLC,变频器和PLC通信组态方式参照文献^[17]。

系统设置操控箱,操作按钮安装在操控箱面板上,操控设备的启停和运行模式切换,以方便工

人清扫、维护机械设备时操控设备。操控面板安装常闭式急停按钮,按下即急停设备,任何层面不可再启动,由本地解除锁定后,其它地方才可以远程操控设备。

4 控制系统软件设计

4.1 PLC 控制程序结构

生产线有多组设备组成,在设计软件程序时,宜采用模块化设计。模块内部程序结构为:顺序执行加条件判断,通过该方式驱动执行下一个动作,模块编写流程如图 5 所示。该模块通过系统预设数据,设置系统输出的动作总数,根据输入条件驱动动作执行输出。每完成一个动作输出,系统计数器加一,当系统计数器等于预设输出动作个数时,即判定该模块执行完毕。在执行过程中通过检测执行条件是否延迟来判断系统状态,执行条件若延迟则根据当前输出动作个数,可精确判定故障出在哪一步。

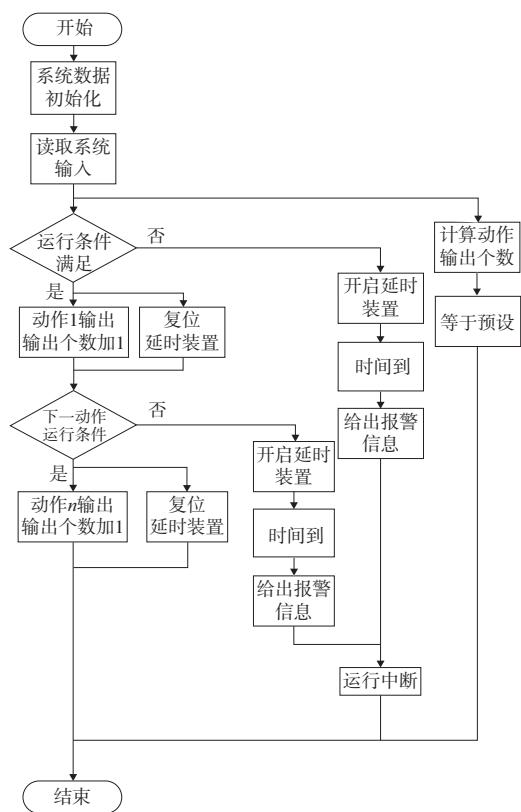


图 5 模块编写流程图

生产线路由不同的设备模块程序组成,各个模块的调用执行通过系统预设状态变量的不同值来调度。

定义状态变量 S , 根据 S 的不同值调用不同的模块对象运行。 S 值由系统的输入信号决定,

据此实现该自动化生产线基于状态变量的程序运行框架。西门子 S7-1200 系列 PLC 的 FB 功能块可以实现模块化面向对象编程。在 FB 的对外接口中定义所需变量类型,具体分为 Input、Output、InOut、Static、Temp 4 种接口类型,FB 内部编写模块程序。利用 PLC 实现对整体系统的控制。

4.2 设备运行状态检测算法

输送带由减速机连接滚筒驱动,当滚筒和输送带之间出现打滑或者滚筒故障时,均会导致输送带运行异常,从而导致上级设备因物料无法输出造成卡死的故障,此时通过检测热磁断路器等保护装置动作来判断系统状态显然已经不可靠。

设计输送带运行监测装置如图 6 所示。图 6 中 1 为输送带,2 为检测轮,3 为接近开关。该检测装置通过检测轮与输送带内部下半边接触,输送带运动带动检测轮旋转,检测轮上安装有数个金属螺母,接近开关 3 感应金属螺母的位置变化,形成高频通断脉冲信号,检测该脉冲信号的频率并记录脉冲数目即可实现输送带位置和速度的检测。



1—输送带;2—检测轮;3—接近开关。

图 6 输送带运行检测装置

设定滚轮每转动一周发生 n 个脉冲,一段时间后高速计数器记录脉冲总数为 N 。设定滚轮直径为 d ,即可求取输送带的运行距离 $S = (Nd\pi/n)$,该算式最大误差为一个脉冲距离。把检测到的脉冲数转换到频率和当前变频器预设速度作比较,判断输送带的运行情况,及时回馈系统减速机和滚筒之间的运行故障。检测部分的运算通过 FC 功能实现。

4.3 生产线控制流程

程序控制流程如图 7 所示。在系统初始化完毕后,系统状态检测程序将一直运行,检测各部件运转状态。工作模式分为两种:测试和自动运行

模式。测试模式用来单独测试各机构运行,包含点动等功能;自动模式包含初次混料和进罐发酵两种模式。在用户选用相应功能时,对应的数据将自动设置到各个寄存器中。各设备按图 7 所示顺序启动。

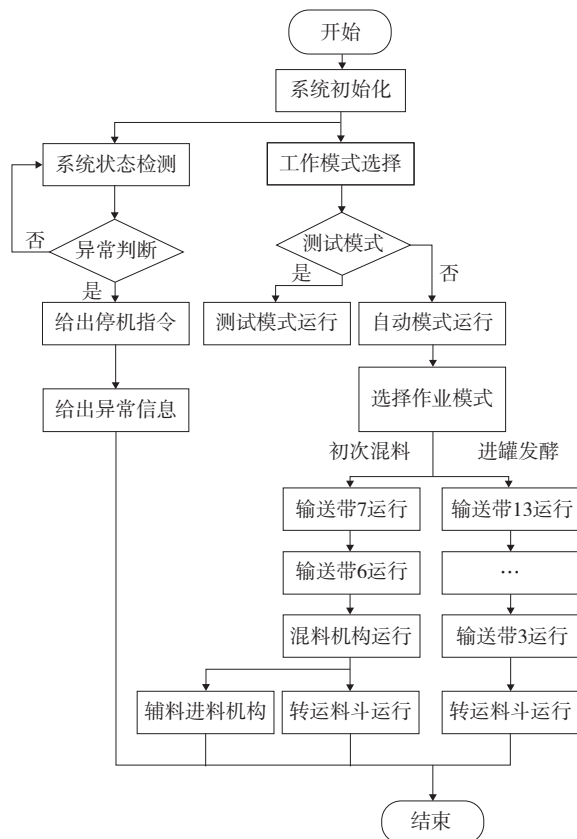


图 7 程序控制流程图

4.4 触摸屏软件设计

触摸屏主要功能是数据可视化显示和输入控制指令^[18],起到参数设置、报警查看、设备点动、状态查看等功能。用户通过 HMI 可以随时了解、观察并掌握整个控制系统的工作状态^[19],因此该部分设计主要包括 UI 界面设计、UI 逻辑设计、PLC 数据通信、报警组态、用户管理等方面。

本系统使用 WinCC RT Professional 进行画面搭建^[20],设计 UI 重在能让用户一眼总览全场设备,不会产生歧义和视觉疲劳,方便用户操控。在该生产线设计时,把现场设备以简笔画的形式集中于一张界面,为每个设备命名编号,统一对设备的称呼,方便交流。据此设计的触摸屏画面如图 8 所示。其集成了生产线所有用到的功能,包括模式选择,报警查看,点动测试,数据设置,状态显示等。



图 8 触摸屏画面

5 结语

基于 PLC、触摸屏、现场总线技术设计的双孢蘑菇堆肥料场自动化生产线实现了生产过程的自动化,优化了原有生产方式。在河北某工厂配合罐式发酵仓,实现自动化做料的生产工艺,每个罐容纳堆肥在 10 t 左右,该生产线在 30 min 左右即可完成个体发酵罐的物料装填工作。搭配智能混料系统,能适应草加酒糟,草加石灰等不同辅料和草之间的比例混合,达到了堆肥混合的均匀,确保可以产出优质、稳定的堆肥。

参考文献:

- [1] 王明友,宋卫东,肖宏儒,等. 我国食用菌工厂化生产监控技术现状与发展趋势[J]. 农机化研究,2012,34(8):223-226.
- [2] 董浩然,于海龙,姜宁,等. 中国食用菌工厂化生产发展现状及趋势[J]. 食药用菌,2024,32(1):1-9.
- [3] 王鹏,冯翠英,姚太梅,等. 具中国特色的双孢蘑菇机械化生产之路的探讨[J]. 食药用菌,2022,30(3):172-178.
- [4] 王明友,宋卫东,吴今姬,等. 中国食用菌生产装备发展现状与重点分析[J]. 江苏农业科学,2016,44(12):1-6.
- [5] 罗欣,张唐娟,廖剑,等. 食用菌工厂化发展现状和趋势[J]. 农业开发与装备,2021(1):114-115.
- [6] 李伟伟,钱武兵,张晓召,等. 基于方舱隧道的平菇发酵料发酵系统设计与试验[J]. 农业技术与装备,2024(12):3-7.
- [7] 王明友,宋卫东,周德欢,等. 平菇发酵料装料接种一体机关键装置的设计与试验[J]. 农业工程学报,2022,38(1):12-21.
- [8] 周德欢,宋卫东,王明友,等. 双孢蘑菇浅筐成套生产装备设计与试验[J]. 中国农机化学报,2021,42(3):60-65.

(下转第 294 页)

- 收稿日期:2024-04-08

12-19) [2025-04-17].<http://kns.cnki.net/kcms/detail/23.1233.S.20241218.1621.023.html>.

- 收稿日期:2023-10-09